1П

УДК 519.237.5

Ю.А. Прокопчук
Институт технической механики НАН и НКА Украины, г. Днепропетровск, Украина
itk3@ukr.net

Автоматизмы когнитивных динамических систем

Проведен анализ роли автоматизмов в функционировании когнитивных динамических систем. Приведены формальные и феноменологические схемы основных микро- и макроавтоматизмов.

Введение

В сложных системах, реализующих целенаправленное поведение, инвариантами являются когнитивно-поведенческие автоматизмы (динамические паттерны, синергии, стереотипы), которые могут быть «врожденными» или приобретенными. Первичными являются когнитивные автоматизмы. Они определяют, в частности, выработку целей, они же запускают поведенческие автоматизмы. Чем более высокого когнитивно-поведенческого уровня сформированы системой автоматизмы, тем менее затратной является выработка управления и тем более сложные задачи можно решать (при одинаковом уровне «психической» энергии). В этой связи возникает фундаментальная проблема поиска общих объективных законов единства процессов самоорганизации и управления (принятия решений), которая сводится, в частности, к максимальному учету свойств естественных когнитивных процессов, протекающих в той или иной физической среде [1-14].

В общем виде произвольные динамические паттерны и их подмножество – когнитивно-поведенческие автоматизмы (естественные инварианты) можно представить следующим образом [12]:

$$k = \{f/\mu\colon k^1 \to k^2 \mid \mu \in \{\mu\}_f\} \cup P_k, \qquad (1)$$

где f – когнитивные автоматизмы и паттерны; $\{\mu\}_f$ – поведенческие автоматизмы и паттерны (со своей энергетикой и ресурсами); k^1 – описание исходной ситуации действительности, исходного образа; k^2 – цели и критерии достижения целевой ситуации, наброски образа; P_k – правила композиции паттернов, т.е. правила, описывающие способы объединения локальных когнитивных и поведенческих задач.

Модель (1) описывает как память, так и нелинейные когнитивно-поведенческие паттерны (динамические кванты), которые могут вступать во взаимодействие, образуя устойчивые или неустойчивые процессы. Одни процессы могут зарождаться и развиваться, другие постепенно угасать. Возможны процессы типа «информационных взрывов» разной мощности. Благодаря свободе взаимодействия когнитивно-поведенческих паттернов (определенному хаосу) при некоторых условиях возможны деструктивные циклические процессы, т.е. процессы, отнимающие много энергии, но не приводящие к конструктивным решениям (удовлетворению реальных потребностей). У человека подобные процессы могут вызывать психосоматические расстройства.

В основе предлагаемых моделей когнитивных процессов лежат принцип простоты и принцип инвариантности. Эти два взаимодополняющих принципа содержатся в структуре любой теории, описывающей ту или иную естественную предметную область. Принцип простоты базируется на таких когнитивных операциях, как обобщение, абстрагирование, фрагментация, грануляция информации. Выявление инвариантных свойств исследуемых систем позволяет сформулировать специфические закономерности функционирования разнообразных систем на максимальном уровне общности – абстрагирования.

Когнитивные динамические системы (КДС)

Под когнитивной динамической системой будем понимать подсистему системы с целенаправленным поведением, которая: 1) формирует цели функционирования и критерии достижения целей; 2) реконструирует физику развития той или иной ситуации действительности; 3) вырабатывает схему управления развитием ситуации действительности; 4) реализует рефлексию.

Постулируем свойства и механизм работы КДС: 1) память в целом и элементарные динамические (когнитивно-поведенческие) паттерны представимы в виде (1), паттерны становятся активными тогда и только тогда, когда они получают энергию, паттерны могут передавать энергию друг другу, процессы формируются из паттернов; 2) энергия бывает целевой, фоновой и внешней; целевую энергию генерирует диспетчер целей – задач (целевая энергия распределяется в виде облака в локальной окрестности задачи), большая часть процессов подпитывается фоновой энергией и не контролируется диспетчером; фоновая энергия формируется во многом из остатков целевой активности (энергии) в прошлом; внешняя энергия используется для привлечения внешних агентов; 3) фоновые процессы протекают всегда, даже при отсутствии текущей целевой энергии; в результате протекания фоновых и целевых процессов непрерывно формируются новые динамические паттерны (как неустойчивые, так и устойчивые); большая часть новых паттернов относится к разряду «короткоживущих»; «долгоживущие» паттерны имеют шансы стать автоматизмами; 4) с течением времени мощность k увеличивается.

Для целей моделирования удобно ввести понятие информационно-энергетического кокона КДС. Данное понятие позволяет отделить внутреннее энерго-семиотическое пространство КДС от внешнего мира. Примерами естественных КДС служат человек, высшие животные, социальные группы, общества. Основой искусственных КДС могут служить Интернет, интеллектуальный Грид, мультиагентная система.

Очевидно, КДС представляют собой очень большие системы со стремящимся к бесконечности числом одновременно протекающих разноуровневых (фрактальных) когнитивно-поведенческих процессов. Ответ о происхождении таких процессов частично дают метод предельных обобщений [10] и модель многоуровневых набросков [11]. Действительно, конфигураторы числовых тестов содержат лингвистические иерархии и иерархии по типу физического фрактала. Лингвистическая иерархия формирует макроуровень в описании теста, а фрактальная иерархия – микроуровень. Макроуровень контролируется диспетчером КДС (у человека – «сознанием»), т.е. логикой, а микроуровень принципиально не может контролироваться диспетчером в силу своей бесконечности, хотя именно на этом уровне выполняется основная вычислительная работа. Любое «число» в подобной вычислительной среде автоматизмами среды представляется бесконечным рядом элементов возрастающей общности (согласно конфигуратору), следовательно, любые мультипликативные операции выполняются не над числовыми значениями тестов, а над бесконечными рядами значений (элементы ряда отличаются уровнем общности). Разные композиции доменов тестов в таких операциях могут использовать разные механизмы реализации с разным временем выполнения. В итоге, банальное произведение двух чисел (результатов двух числовых тестов) за счет автоматизмов вычислительной среды постепенно во времени разворачивается в бесконечный ряд результатов разного уровня общности, и, что будет принято в качестве ответа (операция локализации решения), заранее предсказать невозможно. Модель многоуровневых набросков показывает, как любой феномен действительности автоматизмами вычислительной среды разворачивается в многочисленные графы набросков феномена, которые в дальнейшем используются для предсказания.

Так как КДС является активной системой, т.е. активно взаимодействует с внешней средой, изучает внешнюю среду, то в ряде случаев будем ассоциировать КДС с *наблюдателем*. Наблюдатель, будь то реальный или гипотетический, играет в нашей схеме моделирования важную роль, неизменно накладывая сетку субъективного на «чисто» объективное.

С наблюдателем связан мир качественных структур – неустранимое присутствие проявлений и свойств наблюдателя в наблюдаемом. Концентрация внимания наблюдателя на тех или иных аспектах ситуации существенно искажает пространство всей реальности.

Примем, что локальное проявление качеств в качественной действительности может быть представлено как степень соответствующих интенсивностей (цвет посредством частот, состояние холода температурой и т.д.). Интенсивности задаются конфигураторами. Действительность (физическая), воспринимаемая наблюдателем, не однородна: в любой локальной области действительности в зависимости от контекста возникает свой уровень общности интенсивностей качеств действительности (в соответствии с конфигураторами интенсивностей). Изменения величин интенсивности качеств на разных уровнях могут быть как прерывными, так и непрерывными.

Примем за основу следующую гипотезу: «Чувственные» феномены КДС – наблюдателя фиксируются относительно других феноменов в точности там, где имеется качественная прерывность [5]. Качественная прерывность связана с масштабной грануляцией по пространству – времени и уровнями общности интенсивной качеств.

С учетом сделанных допущений и предположений к *микроавтоматизмам* КДС – наблюдателя отнесем, в частности, следующие операции:

– операции, обеспечивающие реализацию метода предельных обобщений;

– операции, обеспечивающие реализацию эмпирического оператора эволюции;

– операции выявления причинно-следственных зависимостей (познания) [13];

– операции выявления качественной прерывности (физической) действительности;

– операции, обеспечивающие реализацию модели многоуровневых набросков ситуаций, образов, текстов;

– операции, обеспечивающие реализацию модели «память – предсказание» [6] (в частности, на основе графа набросков ситуации, образа [11]);

– операции фрагментации и сравнения ситуаций действительности, образов (на фиксированном уровне общности описания действительности) [13];

– операции создания новых динамических паттернов и новых автоматизмов, а также операции образования цепочек паттернов.

Все микроавтоматизмы выполняются без участия диспетчера и, как правило, без привязки к конкретной задаче. Другими словами, микроавтоматизмы выполняются практически постоянно (пока существует КДС). Следует отметить, что деление на микроавтоматизмы достаточно условное, так как все они глубоко взаимосвязаны.

К *макроавтоматизмам* КДС – наблюдателя можно отнести, в частности, следующие операции:

– операции выявления зон когнитивной стабильности и нестабильности;

– построение инвариантных моделей знаний в рамках метода предельных обобщений (фиксируется задача и множество прецедентов);

– самоорганизующуюся критичность (способность системы эволюционировать в направлении достижения критичности и поддерживать себя в этом состоянии) [4];

– оператор расширения, включающий операции построения информационного множества и множества обобщения для произвольной ситуации действительности (данный оператор является основой управления) [13], [14];

– оператор локализации решения на основе информационного множества и самоорганизующейся критичности;

– операции выработки решения.

Макроавтоматизмы, во-многом, базируются на микроавтоматизмах, однако допускают незначительное вмешательство диспетчера в опорных точках процесса.

Рассмотрим более детально некоторые микро- и макроавтоматизмы КДС (часть автоматизмов описана в работах, на которые даны ссылки).

Микроавтоматизмы КДС

Автоматизмы метода предельных обобщений (МПО) [10]. В рамках данного метода предполагается, что произвольная ситуация действительности может быть описана с помощью конечного множества элементарных тестов $\{\tau/T\}$. Значения τ тестов τ выбираются из доменов T разного уровня общности. Домены одного теста образуют конфигуратор. Обобщение результатов теста в рамках конфигуратора является базовым автоматизмом МПО.

Различные комбинации доменов для всех тестов определяют различные уровни общности описания ситуаций действительности. Все множество описаний для конкретной целевой задачи (связанной с диагностикой, прогнозированием или оптимизацией управления) и заданной выборки примеров ситуаций действительности Ω распадается на три подмножества: *критических*, *докритических* и *закритических* описаний.

Критические описания являются наиболее ценными, так как обеспечивают единственность решения целевой задачи на заданной выборке ситуаций действительности Ω и обладают при этом предельными свойствами: их нельзя обобщить ни по одному тесту в рамках заданных конфигураторов без нарушения единственности решения целевой задачи.

Докритические описания также обеспечивают единственность решения на Ω, но допускают подобное обобщение. Закритические описания нарушают единственность решения целевой задачи.

Выделение критических, докритических и закритических описаний является автоматизмом МПО.

Для критических описаний предпринимается попытка построения истинных *минимальных неизбыточных моделей знаний* (множества закономерностей), т.е. таких моделей, которые верны для любых ситуаций действительности данной предметной области (инвариантных моделей). Построение инвариантных моделей знаний на заданном критическом уровне является автоматизмом МПО.

Решение целевой задачи для новой ситуации, для которой априорно неизвестно заключение, формулируется следующим образом: исходные данные преобразуются в формат критического описания, для которого предположительно построена истинная неизбыточная модель знаний. С использованием активной модели знаний находится решение. Решение целевой задачи для новой ситуации является автоматизмом МПО.

Метод предельных обобщений, создавая дополнительные степени свободы, позволяет находить инвариантные когнитивные структуры, что отвечает концепции и духу синергетики. Совокупность всех перечисленных микроавтоматизмов образует макроавтоматизм реализации МПО для конкретной задачи и фиксированного множества прецедентов.

В соответствии с методом предельных обобщений когнитивные паттерны (автоматизмы) формируются на критическом уровне описания ситуации, в то время как поведенческие паттерны (автоматизмы) реализуются на физическом уровне системы, т.е. существует потенциально бесконечно много вариантов реализации поведенческих паттернов для одного и того же когнитивного паттерна. Следовательно, можно говорить лишь о субоптимальности когнитивно-поведенческих паттернов, так как, прежде всего, минимизируется энергия на выработку управления (принятие решения) и лишь затем энергия поведенческой активности (цель первична). На физическом уровне действуют принципы отбора действительных движений из множества возможных на основе инвариантных соотношений, отражающих законы сохранения в соответствующей предметной области.

Автоматизмы эмпирического оператора эволюции. Для моделирования развития произвольной ситуации необходима база знаний с оператором эволюции. Обозначим элементарные тесты через $a, b, c, \{a\}$ и т.д. Пусть $W(\{c/C\})$ – некоторое многообразие на множестве результатов тестов $\{c/C\}$. Модель знаний k_C на основе динамических паттернов представим следующим образом [9], [13], [14]:

$$k_C = \{f/\mu\colon \{J_b\, b/B\} \rightarrow \{J_a\, a/A\},\ \text{для } \{c/\mathrm{C}\} \in W_f(\{c/C\}),\ \mu \in \{\mu\}_f\} \cup P_k, \quad (2)$$

где f/μ – паттерны вида (1), реализующие те или иные математические модели; J – оператор оценки истинности значения теста.

Обозначим через $U(\{c/C\})$ – окрестность множества $\{c/C\}$. Тот факт, что некоторая ситуация α удовлетворяет условиям $U(\{c/C\})$, будем записывать следующим образом: $\alpha \nabla U(\{c/C\})$. *Эмпирический оператор эволюции* произвольной ситуации действительности $\phi^{t}()$ определяет значения заданных тестов $\{a/A\}$ в момент времени t/Λ, используя для этого базу прецедентов Ω:

$$\phi^{t/\Lambda}(\{a/A\}/U(\{c/C\}) = \cup_{\alpha\in\Omega}\ \{f/\mu\colon t/\Lambda,\ \{<J_\tau\, \tau/T, J_t\, t'/\Lambda>\}_\alpha \rightarrow \{J_a\, a/A\}_\alpha \mid \alpha \nabla U(\{c/C\})\},$$

где $f/\mu \in k_C$; $t'/\Lambda = t/\Lambda$ или $t'/\Lambda \in [0, t/\Lambda]$ или $t'/\Lambda \le t/\Lambda$ (выбор варианта зависит от $\{a/A\}$). Результат представляет собой мультимножество. Отметим, что множество прецедентов Ω может содержать как реальные, так и модельные ситуации. Начальные значения и параметры подобия разных ситуаций действительности содержатся во множестве $U(\{c/C\})$.

Автоматизмы выявления качественной прерывности физической действительности. Рассматриваемые автоматизмы – специфические типы способов соединения или связывания материальных проявлений, соответствующие миру качественного опыта.

Каково проявление вещей, событий в качественной действительности [5]?

1. Чтобы ни появилось, оно всегда появляется односторонне, представляемое одной (непрерывно изменяющейся) лицевой стороной или аспектом.

2. Чтобы ни появилось, оно появляется посредством проявления структуры «передний план – фон».

3. Чтобы ни появилось, оно появляется в контексте расширенного пространственно-временного целого. Восприятие идет дискретными кадрами. Длина кадра – темпоральная константа КДС – наблюдателя [7].

Пусть W представляет собой пространственно-временной феномен. Различные наполняющие W качества $\{q/Q\}$ (прочность, цвет, текстура, температура, отражающая способность и т.д.) выражаются посредством степеней интенсивностей (интенсивности задаются конфигураторами Q). Качества внутренне присущие самим объектам и связаны с определенными возможностями измерения.

Макроскопическая физика предоставляет множество примеров качественных переходов внешних состояний системы. Они известны как критические феномены. Типическим примером может служить фазовый переход в термодинамике, где система подвергается внезапному изменению термодинамической фазы (например, смены твердого состояния жидким, или жидкого газообразным, или намагниченности на размагниченность и т.д.).

Точка $w \in W$ называется *регулярной на заданном уровне общности*, если все интенсивности качеств заданного уровня общности непрерывны в окрестностях w. Точка $w \in$ $\in W$ называется *сингулярной на заданном уровне общности* (мерцающей), если и только если имеется как минимум одно качество, являющееся прерывным на заданном уровне общности в w. $M_{\{Q\}}$ – множество всех сингулярных точек W на уровне общности $\{Q\}$. $M_{\{Q\}}$ называется *морфологией* наполняющего W феномена на уровне общности $\{Q\}$.

Базовый автоматизм наблюдателя должен выявлять качественную прерывность действительности (на заданном уровне общности $\{Q\}$), т.е. морфологию $M_{\{Q\}}$.

Наброском W на заданном уровне общности назовем результат конечного числа итераций «обобщения – выделения морфологий» (автоматизм наблюдателя). Наброски содержат морфологию прообраза. При каждой итерации уменьшается информационный объем наброска. Число итераций определяет номер слоя набросков. На каком-то шаге итерации все наброски исчезают. Наброски предельного уровня общности называются *финитными*. Все слои набросков феномена *W* образуют граф набросков $G_\Sigma(W)$, где Σ – схема сжимающих отображений. Благодаря наброскам объем операций по обработке информации существенно сокращается. Более детально данная схема будет описана ниже.

Граф набросков $G_\Sigma(W)$ обладает предсказательной способностью при усилении внимания на *W* (например, при приближении), т.е. реализует модель «память – предсказание» и соответствующий макроавтоматизм. Эти предсказания позволяют понимать их в качестве абстрактных математических зависимостей, распространяющихся поверх универсума морфологического феномена.

Если действительность представлена несколькими феноменами – объектами $\{W\}$, то возможно автоматическое выделение уникальных набросков максимального уровня общности для каждого объекта из $\{W\}$. Данное свойство, реализуемое макроавтоматизмом, минимизирует необходимый объем информации [11]. Автоматизм «обобщение – выделение морфологий» иллюстрирует эволюционное развитие и обладает способностью категоризации.

Автоматизмы модели многоуровневых набросков ситуаций, образов, текстов. Модель многоуровневых набросков является нелинейной математической моделью восприятия [11], описывающей скачкообразные переходы внутренней модели восприятия от одного наброска образа (ситуации) к другому в процессе решения целевых задач. Ряд набросков разного уровня общности для произвольного образа (ситуации, текста) формируется однозначно на основе индуктивной рекуррентной схемы предельных обобщений-абстракций, которая базируется на полной системе итерирующих сжимающих отображений. Пределом обобщения являются финитные наброски, состоящие из конечного множества сингулярных течек. Финитные наброски исчезают в результате применения любого из итерирующих отображений.

Без ограничений общности опишем модель на примере набросков образов.

Пусть U – бесконечный N-мерный универсум, состоящий из однородных дискретных элементов u, содержащих коды u. Все или почти все элементы U относятся к фону. Конечное число элементов U может относиться к какому-либо образу O. Следовательно, каждый элемент универсума содержит либо код фона, либо код, относящийся к образу O. Коды образа отвечают определенной характеристике образа и принадлежат алфавиту L, совпадающему с одним из доменов конфигуратора. Количество элементов образа – |O|.

Введем наблюдателя с помощью локальной системы координат, связанной с образом O. Если существуют разные варианты задания локальной системы координат, то выбирается один из вариантов. Разные образы будем считать идентичными, если они совпадают в локальной системе координат.

Введем множество сжимающих отображений $\{T: U \rightarrow U\}$. Отображения T могут изменять коды некоторых элементов универсума U (в локальных системах координат до и после преобразования). Обозначим через T(O) множество элементов U, отличных от фона, полученных в результате T-преобразования U, содержащего образ O. Множество T(O) назовем наброском. Исходный образ O также является наброском.

Потребуем от T выполнения четырех условий: 1) если набросок P отсутствует, то $T(U) \equiv U$; 2) если набросок P присутствует, то T связано с локальной системой координат наброска; 3) $\forall \in T(P)$, $u \in L$; 4) $|T(P)| < |P|$.

Отображения $T \in \{T\}$ отличаются между собой как коэффициентом сжатия, так и привязкой к локальной системе координат. Некоторые отображения T можно отнести к числу операций обобщения – абстрагирования.

Выделим из множества $\{T\}$ подмножество отображений обобщения – абстрагирования $\{T\}'$ с одинаковой схемой сжатия (одинаковым коэффициентом сжатия), отличающихся только привязкой к локальной системе координат наброска. Примем, что число различных привязок конечно, следовательно, $\{T\}'$ может быть полным множеством сжимающих однотипных отображений обобщения – абстрагирования. В дальнейшем, без потери общности, $\{T\}'$ будем отождествлять с $\{T\}$.

Пусть дан первичный образ O и фиксировано $\{T\}$. Первичный образ будем считать наброском 0-го слоя F_0. Определим по индукции наброски следующих слоев: наброски 1-го слоя $F_1 = \cup_{T \in \{T\}} T(O)$; наброски (k+1) слоя: $F_{k+1} = \cup_{T \in \{T\}} T(F_k)$, где F_j означает множество всех набросков j-го слоя, а $T(F_j)$ – применение T-отображения к каждому из набросков j-го слоя.

Не сложно убедиться, что для любого образа $O\ \exists\ K$: $F_K \neq \emptyset$, но $F_{K+1} = \emptyset$.. Доказательство вытекает из конечности образа и условия (4), предъявляемого к отображениям.

Число K(O) является константой образа O (при фиксированном $\{T\}$ и фиксированном уровне общности Q). Последний слой F_K состоит исключительно из финитных набросков, т.е. таких набросков, которые «исчезают» в результате применения любого $T \in \{T\}$, т.е. если P – финитный набросок, то $\forall\, T \in \{T\}$, $|T(P)| = 0$. Финитные наброски могут быть и в других слоях. Множество всех отличающихся финитных набросков обозначим через FS(O). Если $F_1 = \emptyset$, то $K(O) = 0$ и $FS(O) \equiv O$, т.е. множество FS(O) не бывает пустым.

Финитные наброски являются аттракторами итерационного процесса обобщения – абстрагирования любого образа. Произвольные наброски могут играть роль внутренних кодов разных уровней общности – абстракции для первичного образа O. Уровень общности – абстракции наброска P определяется номером слоя. Заметим, что один и тот же набросок может принадлежать разным слоям. Наброски высоких уровней инвариантны к множеству деталей.

Кроме константы K(O) константами образа являются также общее число набросков во всех слоях Kp(O), число уникальных набросков, число набросков в каждом слое.

Ряд слоев набросков (фиксированного уровня общности) можно представить в виде ориентированного графа набросков G(O). Ребра графа соединяют два наброска, если один переходит в другой при обобщении – абстрагировании (в результате применения одного из отображений $\{T\}$). Отметим, что для любого наброска $P \in G(O)$ граф G(P) подобен графу G(O). Следовательно, граф G(O) может быть точным фрагментом (подграфом) графа набросков, построенного для более детального образа.

Движение по графу G(O) от более общих набросков к более детальным позволяет реализовать предсказание и замещение образов в процессе узнавания действительности. При замещении интеллект «восполняет» отсутствующую информацию. Предсказания – это первичная функция и фундамент КДС.

Таким образом, репрезентация любой ситуации и любого образа имеет вид многослойной иерархической структуры (графа набросков, кластера набросков), отражающей, подобно кольцам дерева, этапы когнитивного формирования внутренних форм образа. Сравнение разных образов (ситуаций) начинается с максимального уровня общности, т.е. с финитных набросков. Если финитные наброски сравниваемых образов совпадают, то продолжается сравнение на предпоследнем слое и так до тех пор, пока не будет получено решение [11]. Подобный подход позволяет добиться абсолютного минимума информационных потоков при решении когнитивных задач.

Макроавтоматизмы КДС

Рассмотрим основные этапы, способы формирования и возбуждения внутренних сил взаимодействия, которые могли бы породить в семиотическом пространстве (коконе) КДС устойчивые диссипативные структуры, приводящие к решению.

Основные этапы получения решения в КДС следующие:

(A) *Фиксация* цели – задачи и критериев достижения цели $\{f/\mu\}_0$. Генерация диспетчером целевой энергии, создающей облако притяжения (активности) в окрестности цели. Факт наличия целевой энергии означает, что данная цель находится в *фокусе внимания* диспетчера.

(B) *Загрузка* (дозагрузка) информации в кокон, повышение концентрации потоков информации в окрестности решаемой задачи. Требуется обеспечить «критическую массу» информации в локальной информационной окрестности задачи и «критическую энергию загрузки».

(C) Интенсивное *перемешивание* информации (организация максимального взаимодействия динамических паттернов между собой) до момента возникновения самоорганизации (когерентности). Требуется обеспечить «критическую энергию перемешивания».

(D) *Рефлексия* на предмет проверки условия когерентности (возникающее свойство самодостаточности). Если когерентности нет, то возврат к этапам (B) и (C), т.е. дозагрузка информации и увеличение энергии перемешивания, если это возможно. Если дополнительная целевая энергия отсутствует или уменьшается имеющаяся энергия, то Выход: решение в текущий момент не найдено. Потеря фокуса внимания диспетчера. Если целевая энергия превышала некоторый порог, то следы задачи остаются в фоновом семиотическом пространстве КДС.

(E) *Созревание* – самоорганизация («воронка – фильтр»): формирование новых когнитивно-поведенческих паттернов типа (1) – (2) на основе имеющейся информации и имеющейся целевой энергии (или даже значительно меньшей целевой энергии, так как часть процессов может питаться фоновой энергией). Решениями являются некоторые паттерны вида $\{f/\mu\}$. Созревание – самый продолжительный этап и может длиться часы, дни, месяцы и даже годы.

(F) *Рефлексия* на предмет удовлетворения решения $\{f/\mu\}$ критериям $\{f/\mu\}_0$. Если получено частичное решение, то включение $\{f/\mu\}$ в состав $\{f/\mu\}_0$ и возврат к пункту (B).

(G) *Локализация* окончательного решения: выбор подмножества решений максимально возможного уровня общности.

(H) *Рефлексия* на предмет пересмотра всего множества целей диспетчера в связи с принятым решением (пересматривается выделение целевых энергий на актуальные цели).

(I) *Созревание* (дозревание) всех задач, решаемых когда-либо, в режиме фоновой активности (неконтролируемой диспетчером). Факт появления решения $\{f/\mu\}$ какой-либо задачи автоматически привлекает внимание диспетчера (происходит «озарение»), т.е. внезапно возникает фокус внимания.

Этапы (A) – (E) можно отнести к фазе расширения, а этапы (E) – (G) к фазе локализации. Этап (E) – переходный этап. Вообще говоря, процесс решения задачи может быть бесконечным, если достаточно энергии. Потеря фокуса (временная) происходит только в двух случаях: либо найдено удовлетворительное решение, либо иссякла целевая энергия в текущий момент (на этапе (D)). Суммарный приток энергии к задаче должен быть достаточным не только для погашения роста энтропии в фазе расширения, но и для ее уменьшения, что усиливает порядок в системе.

Таким образом, главной задачей при синтезе решения является обеспечение когерентности на заключительном этапе фазы расширения, т.к. функционирование нелинейной диссипативной когнитивной системы может быть разделено на этап расширения

(подготовительный этап), когда зарождаются и созревают альтернативы, и этап локализации, т.е. асимптотического движения к аттрактору – решению. Решение может быть мультистабильным (мерцающим), если имеется несколько зон когнитивной стабильности изучаемой ситуации.

При перемешивании согласно методу предельных обобщений и модели многоуровневых набросков происходит генерирование колоссального числа разноуровневых описаний, набросков (заполняется семиотическое пространство, пространство смыслов) и, соответственно, переходных слоев. На каждом масштабном уровне (преимущественно в рамках критических описаний) достигается относительно гомогенная целостность (формируются минимальные неизбыточные множества паттернов вида (1) – (2), часть из которых может впоследствии перейти в разряд автоматизмов). В переходных слоях происходит перестройка картины мира с одного масштаба на другой. Здесь встречаются разные законы, действуют смешанные языки, рождаются новые смыслы. Отсюда актуальность методов связывания, сращивания, соединения образов, набросков решений в переходных слоях (наброски решений, полученные на одних уровнях общности, передаются на нижележащие уровни для детализации, конкретизации). Взаимодействия реализуются через динамические паттерны вида (1), т.е. такие энерго-информационные «сгустки» в окружающем поле, которые пронизывают все семиотическое пространство КДС. Именно паттерны отражают динамическую, преходящую природу рассматриваемых явлений. И чем больше энергия, которая перераспределяется в результате образования новых паттернов, тем быстрее идут процессы обмена между слоями, описаниями, задачами и, следовательно, тем сильнее когерентность в соответствующей системе.

При таком подходе цель – аттрактор $\{f/\mu\}$, являющийся решением, определяет сущность когнитивного процесса, а его истинное понимание состоит в самоуправлении и направленной самоорганизации в соответствии с поставленной целью. В свойстве самоуправляемости и направленной самоорганизации когнитивных процессов в рамках КДС проявляется новый взгляд на проблему выработки нетривиальных решений.

Рассмотрим подробнее рефлексию, которая является обобщением обратной связи. Рефлексия приводит к целостному представлению, знанию о целях, содержании, формах, способах и средствах своей деятельности. Общими механизмами рефлексии (движение в рефлексивном плане) являются [8]: остановка, фиксация, отстранение, объективация, оборачивание. Движение в рефлексивном плане имеет циклический характер и проходит многократные итерации (повторения). Авторефлексия включает внутреннее отображение ситуаций действительности (образов) из одних описаний (слоев) в другие. Она позволяет автоматически сформировать мультикластеры набросков образов и ситуаций.

Перемешивание и рефлексия позволяют увидеть в известном – неизвестное, в очевидном – неочевидное, в привычном – непривычное, т.е. увидеть качественную прерывность (противоречие), которая только и является причиной когнитивных процессов (движения мысли).

Макроавтоматизмы, используемые в интеллектуальном синергетическом управлении (операторы расширения, локализации, перехода, оценки истинности и др.), рассмотрены в работах [9], [14].

Заключение

Учет и формирование автоматизмов активной среды приведет к появлению класса самоорганизующихся систем управления и принятия решений, отличающихся полным учетом естественных нелинейных свойств когнитивно-поведенческих процессов, реализуемых целенаправленной системой, внутренних и внешних возмущений, минимизацией потерь всех видов энергоресурсов, гибкостью перенастройки при изменении целей выработки решения, высокой надежностью и предотвращением критических режимов функционирования.

Фундаментальной синтезирующей концепцией выработки нетривиальных решений является синергетическая концепция управляемого взаимодействия энергии и информации в когнитивных процессах. На основе этой концепции сформулирован принцип «расширения – локализации» области семиотического пространства, на котором базируется новая технология принятия решений, фрагментом которой являются метод предельных обобщений и метод построения многоуровневых набросков ситуаций, образов. Указанные принцип и технология позволяют коренным образом преодолеть «проклятие информационной размерности» больших систем, превратив его из проблемы в эффективный инструмент поиска инвариантных решений. Введение когнитивно-поведенческих автоматизмов (инвариантов) в теорию принятия решений, как ее ключевых элементов, позволяет придать ей естественно-математическое единство и концептуально-методологическую целостность.

Литература

1. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций : сб. трудов Международной конференции. – М. : ИПУ, 2004.
2. Чернавский Д.С. Синергетика и информация: Динамическая теория информации / Чернавский Д.С. – 3-е изд., доп. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 304 с.
3. Лачинов В.М. Информодинамика или путь к миру открытых систем / В.М. Лачинов, А.О. Поляков. – Санкт-Петербург : Издательство СПбГТУ, 1999.
4. Bak P. How nature works: The science of self-organized criticality / Bak P. – New York : Springer-Verlag Inc., 1996.
5. Петито Ж. (Jean Petitot). Новые основания качественной физики / Ж. Петито (Jean Petitot), Б. Смит (Barry Smith) // Развитие знаний естественных наук и искусственного интеллекта. – Лондон : Питман, 1990. – С. 231-249.
6. Hawkins J. On intelligence / Jeff Hawkins, Sandra Blakeslee. – Publisher : Times Books, 2004. – 272 p.
7. Алюшин А.Л. Темпомиры: Скорость восприятия и шкалы времени / А.Л. Алюшин, Е.Н Князева. – М. : URSS, 2008. – 240 с.
8. Новиков А.М. Образовательный проект (методология образовательной деятельности) / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М. : Эгвес, 2004. – 120 с.
9. Прокопчук Ю.А. Управление эколого-социальными системами на основе интегративной логики и модели предметной области / Ю.А. Прокопчук // Індуктивне моделювання складних систем : зб. наук. праць. – Київ : МННЦ ІТС НАНУ та МОНУ, 2009. – С. 165-174.
10. Прокопчук Ю.А. Метод предельных обобщений для решения слабо формализованных задач / Ю.А. Прокопчук // Управляющие системы и машины. – 2009. – № 1. – С. 31-39.
11. Prokopchuk Iu. Model of Multilevel Pattern Sketches / Iu. Prokopchuk // Proceedings of 3rd International Conference on Inductive Modelling (17 – 22 May, 2010, Yevpatoria, Ukraine). – Kyiv : IRTC ITS, 2010. – P. 51-54.
12. Прокопчук Ю.А. Модели информационных процессов в когнитивных динамических системах / Ю.А. Прокопчук // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту : зб. наук. праць Міжнародної конференції (Євпаторія, 17 – 21 травня 2010 р.). – Херсон : ХНТУ, 2010. – Том 1. – С. 129-133.
13. Прокопчук Ю.А. Информационная структура теории естественной предметной области / Ю.А. Прокопчук // Вестник ХНТУ. – 2010. – № 2(38). – С. 11-19.
14. Прокопчук Ю.А. Интеллектуальное синергетическое управление динамическими системами / Ю.А. Прокопчук // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 12-21.

Ю.О. Прокопчук

Автоматизми когнітивних динамічних систем

Проведено аналіз ролі автоматизмів у функціонуванні когнітивних динамічних систем. Наведено формальні та феноменологічні схеми основних мікро- й макроавтоматизмів.

Yu. Prokopchuk

Automatisms of Cognitive Dynamic Systems

The analysis of a role of automatisms in functioning of cognitive dynamic systems is carried out. Formal and phenomenological models of the basic automatisms are resulted.

Статья поступила в редакцию 01.07.2010.